

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 09229883 A

(43) Date of publication of application: 05.09.97

(51) Int. Cl

G01N 25/16**G01N 21/41**

(21) Application number: 08032237

(22) Date of filing: 20.02.96

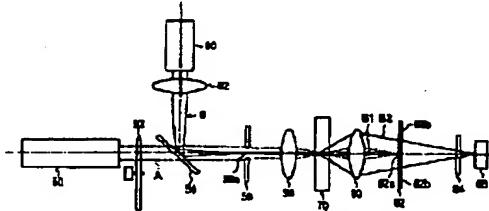
(71) Applicant: BUNSHI BIO PHOTONICS
KENKYUSHO:KK(72) Inventor: MAKINO TSUYOSHI
OKAZAKI SHIGETOSHI**(54) DARK FIELD TYPE PHOTOTHERMAL
TRANSDUCTION SPECTROMETER**object 70 can be detected based on an output signal of
the photodetector 86.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a dark field photothermal transduction spectrometer in a simple constitution with high sensitivity and a good S/N ratio.

SOLUTION: A pump beam A output from a pump beam source 50 is condensed and cast on an object 70 to be measured. A heat lens is formed in the vicinity of a position where the object 70 is illuminated. A probe light B output from a probe light source 60 is also projected to the position where the heat lens is formed. The probe light B is diverged and output with an angle corresponding to focal length and diameter of the heat lens. A luminous flux in the vicinity of an optical axis of the probe light B diverged by the heat lens is shut at a shielding area 82a of a shielding plate 82. However, a luminous flux separated a predetermined distance or more from the optical axis is not shut by the shielding plate 82 and detected by a photodetector 86. Since the luminous flux corresponds to a concentration of the object 70 to be measured at the position of the heat lens, the concentration of the



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-229883

(43)公開日 平成9年(1997)9月5日

(51)Int.Cl.⁶
G 0 1 N 25/16
21/41

識別記号 庁内整理番号

F I
G 0 1 N 25/16
21/41

技術表示箇所
C
Z

審査請求 未請求 請求項の数6 O.L (全8頁)

(21)出願番号 特願平8-32237

(22)出願日 平成8年(1996)2月20日

(71)出願人 595047385

株式会社分子バイオホトニクス研究所
静岡県浜北市平口5000番地

(72)発明者 牧野 強
静岡県浜北市平口5000番地 株式会社分子
バイオホトニクス研究所内

(72)発明者 岡崎 茂俊
静岡県浜北市平口5000番地 株式会社分子
バイオホトニクス研究所内

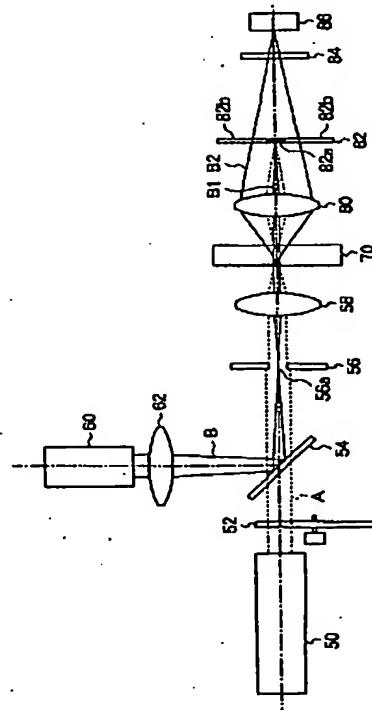
(74)代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54)【発明の名称】 暗視野型光熱変換分光分析装置

(57)【要約】

【課題】 高感度でS/N比が良い簡易な構成からなる
暗視野型光熱変換分光分析装置を提供する。

【解決手段】 ポンプ用光源50から出力されたポンプ
光Aは、被測定物70に集光照射され、その照射位置近
傍に熱レンズが形成される。プローブ用光源60から出
力されたプローブ光Bも、熱レンズが形成される位置に
照射される。このプローブ光Bは、熱レンズの焦点距離
とレンズ径に応じた拡がり角で発散され出力される。そ
して、熱レンズで発散されたプローブ光Bのうち、光軸
付近の光束は遮蔽板82の遮蔽領域82aで遮蔽される
が、光軸から一定距離以上離れた光束は遮蔽板82で遮
蔽されることなく光検出器86で検出される。熱レンズ
が形成された位置における被測定物70の濃度に応じた
ものであるので、光検出器86からの出力信号に基づい
て、被測定物70の濃度が検出される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】ポンプ光が照射されて被測定物に形成される熱レンズにプローブ光を入射させ、前記熱レンズから出力される前記プローブ光に基づいて、前記被測定物の分光分析を行う暗視野型光熱変換分光分析装置であつて、

前記ポンプ光を出力するポンプ用光源部と、

前記プローブ光を出力するプローブ用光源部と、

前記ポンプ光と前記プローブ光とを入力し、前記ポンプ光を前記被測定物の所定位置に集光照射して前記熱レンズを形成するとともに、前記プローブ光を前記所定位置に照射する照射光学系と、

前記所定位置に前記熱レンズが形成されていないときに前記被測定物から出力される前記ポンプ光と前記プローブ光とを遮蔽する遮蔽手段を備え、前記被測定物の前記所定位置から出力される前記ポンプ光と前記プローブ光とを入力し、前記遮蔽手段によって遮蔽された光束以外の光束を出力する受光光学系と、

前記受光光学系から出力された光束を検出する光検出器と、

を備えることを特徴とする暗視野型光熱変換分光分析装置。

【請求項2】前記ポンプ用光源部は、前記ポンプ光をパルス状に変調して出力するポンプ光変調手段を備え、ことを特徴とする請求項1記載の暗視野型光熱変換分光分析装置。

【請求項3】前記照射光学系は、前記ポンプ光の光束径を調整し、前記所定位置に前記熱レンズが形成されていないときに前記被測定物から出力される前記ポンプ光の全光束を前記遮蔽手段に入射させる光束径調整手段を備える、ことを特徴とする請求項1記載の暗視野型光熱変換分光分析装置。

【請求項4】前記照射光学系は、前記ポンプ光および前記プローブ光を同一光軸上に合波する合波手段と、前記合波手段と前記プローブ用光源部との間に設けられ、前記プローブ光を第1の位置に集光する第1のレンズと、前記合波手段と前記被測定物との間に設けられ、前記ポンプ光を前記所定位置に集光照射するとともに、前記第1の位置に集光された前記プローブ光を平行光束として前記所定位置に照射する第2のレンズと、を備えることを特徴とする請求項1記載の暗視野型光熱変換分光分析装置。

【請求項5】前記照射光学系は、前記ポンプ光および前記プローブ光を同一光軸上に合波する合波手段と、前記合波手段と前記ポンプ用光源部との間に設けられ、前記ポンプ光を前記被測定物に集光する集光レンズと、を備えることを特徴とする請求項1記載の暗視野型光熱

変換分光分析装置。

【請求項6】前記被測定物に入射する前記ポンプ光の光軸と垂直な方向に前記被測定物を相対的に走査する被測定物走査手段を更に備えることを特徴とする請求項1記載の暗視野型光熱変換分光分析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光が被測定物に照射されて発生した熱が周辺の媒体に拡散することにより生成された温度分布変化に伴って被測定物の屈折率が変化する現象すなわち光熱レンズ効果を利用した暗視野型光熱変換分光分析技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】被測定物に光が照射されると、その照射された位置近傍の温度が上昇し、これに伴って屈折率が変化する。その屈折率変化は、被測定物の温度分布に応じたものであり、その温度分布は、被測定物の光吸収係数、照射光の光束径と強度、溶媒の熱伝導率、溶媒の屈折率変化、被測定物の濃度などに依存する。そして、この屈折率分布がレンズとして作用する。これを熱レンズと呼ぶ。一般に、多くの物質では、温度が上昇すれば屈折率は小さくなるので、熱レンズは凹レンズである。このような光熱レンズ効果を利用して被測定物の分光分析が行われている。

【0003】従来、この光熱レンズ効果を利用した分光分析装置は、以下のような構成であった。図4は、従来の分光分析装置の構成図である。

【0004】この装置では、ポンプ用光源10から出力されたポンプ光Aは、光チョッパ30で透過／遮断の変調を受けた後、ダイクロイックミラー14で反射され、レンズ32に入射して被測定物34に集光照射される。被測定物34にポンプ光Aが照射されると、温度上昇に伴う屈折率変化が生じ熱レンズが形成される。

【0005】一方、プローブ用光源20から出力されたプローブ光Bは、反射鏡24で反射され、ダイクロイックミラー14を透過してポンプ光Aと同一光軸上に出力され、レンズ32に入射して、被測定物34に集光照射される。

【0006】被測定物34を透過したプローブ光Bは、ピンホール35により光束を制限され、レンズ36で集光され、反射鏡38で反射され、ポンプ光吸収フィルタ40を透過し、光検出器42で検出される。ポンプ光Aも、レンズ36で集光されてポンプ光吸収フィルタ40まで到達するが、ポンプ光吸収フィルタ40で吸収されるので、光検出器42で検出されることはない。

【0007】レンズ36で集光され光検出器42で検出されるプローブ光Bの光量は、被測定物34に形成された熱レンズの光学特性に依存し、また、この熱レンズの光学特性は、被測定物34の濃度に依存する。したがつて、ログインアンプ44を用いて、光検出器42で検

出されたプローブ光Bの光量を、光チョッパ30の変調周期で同期検出することにより、被測定物34の濃度を知ることができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来例では以下のような問題点がある。レンズ36で集光される光束のうちのプローブ光Bは、被測定物34に形成された熱レンズの光軸付近を通過するものである。それ故、被測定物34に熱レンズが形成されている時（ポンプ光Aが照射されている時あるいはその直後）の光検出器42に到達するプローブ光Bの光量と、熱レンズが形成されていない時（ポンプ光Aの照射が終了して一定時間経過後）の光検出器42に到達するプローブ光Bの光量との差は小さい。

【0009】したがって、このプローブ光Bの光量変化のうちの光チョッパ30の変調周期に同期した成分の振幅を検出するために高価なロックインアンプ44を用いなければならない。

【0010】また、レンズ36で集光された光束のうちポンプ光Aを遮断するためにポンプ光吸収フィルタ40が設けられているが、ポンプ光Aは、このポンプ光吸収フィルタ40によって完全に遮断されることはなく、僅かではあるが一部が透過して光検出器42に到達する。

【0011】また、光検出器42に到達する光束の光量のうち、光チョッパ30の変調周期に同期して変化する光量は非常に小さい。それ故、光検出器42で受光されてロックインアンプ44に入力される信号は、比較的大きなバイアス信号に埋もれた小振幅の周期的な信号であるので、ロックインアンプ44による同期検出のS/N比が悪いという問題点がある。

【0012】さらに、被測定物34の濃度すなわち形成される熱レンズの光学特性が大きく異なる場合であっても、その熱レンズの光軸付近を通過してレンズ36に集光されて光検出器42に到達するプローブ光Aの光量の差は小さい。それ故、測定感度が悪いという問題点もある。

【0013】本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、高感度でS/N比が良い簡易な構成からなる暗視野型光熱変換分光分析装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明に係る暗視野型光熱変換分光分析装置は、ポンプ光が照射されて被測定物に形成される熱レンズにプローブ光を入射させ、熱レンズから出力されるプローブ光に基づいて、被測定物の分光分析を行う暗視野型光熱変換分光分析装置であって、(1)ポンプ光を出力するポンプ用光源部と、(2)プローブ光を出力するプローブ用光源部と、(3)ポンプ光とプローブ光とを入力し、ポンプ光を被測定物の所定位置に集光照射して熱レンズを形成するとともに、プローブ光

を所定位置に照射する照射光学系と、(4)所定位置に熱レンズが形成されていないときに被測定物から出力されるポンプ光とプローブ光とを遮蔽する遮蔽手段を備え、被測定物の所定位置から出力されるポンプ光とプローブ光とを入力し、遮蔽手段によって遮蔽された光束以外の光束を出力する受光光学系と、(5)受光光学系から出力された光束を検出する光検出器と、を備えることを特徴とする。

【0015】この暗視野型光熱変換分光分析装置は以下のように作用する。ポンプ用光源部から出力されたポンプ光が照射光学系によって被測定物の所定位置に集光照射され、その所定位置近傍に温度分布が生じ、この温度分布に応じて屈折率分布が生じて熱レンズが形成される。プローブ用光源部から出力されたプローブ光も、熱レンズが形成される所定位置に照射光学系によって照射される。このプローブ光は、熱レンズの焦点距離とレンズ径に応じた拡がり角で発散され出力される。そして、熱レンズで発散されたプローブ光は、受光光学系によって、光軸付近の光束が遮蔽手段で遮蔽されるが、光軸から一定距離以上離れた光束が遮蔽手段で遮蔽されることなく光検出器に到達する。この光検出器で検出された光束の光量は、被測定物に形成された熱レンズに応じたものであり、また、この熱レンズの光学特性は被測定物の濃度に応じたものであるので、光検出器からの出力信号に基づいて、被測定物の濃度が検出される。

【0016】ポンプ用光源部は、ポンプ光をパルス状に変調して出力するポンプ光変調手段を備えることとしてもよく、この場合には、レンズ径の小さい熱レンズが形成されるので、高い位置分解能が得られる。

【0017】照射光学系は、ポンプ光の光束径を調整し、所定位置に熱レンズが形成されていないときに被測定物から出力されるポンプ光の全光束を遮蔽手段に入射させる光束径調整手段を備えることとしてもよい。この場合、被測定物に熱レンズが形成されていないときは、ポンプ光の全光束は遮蔽手段に遮蔽されて光検出器で検出されることはないので、高いS/N比が得られる。

【0018】照射光学系は、(a)ポンプ光およびプローブ光を同一光軸上に合波する合波手段と、(b)合波手段とプローブ用光源部との間に設けられ、プローブ光を第1の位置に集光する第1のレンズと、(c)合波手段と被測定物との間に設けられ、ポンプ光を所定位置に集光照射するとともに、第1の位置に集光されたプローブ光を平行光束として所定位置に照射する第2のレンズと、を備えることとしてもよい。または、(a)ポンプ光およびプローブ光を同一光軸上に合波する合波手段と、(b)合波手段とポンプ用光源部との間に設けられ、ポンプ光を被測定物に集光する集光レンズと、を備えることとしてもよい。何れの場合も、被測定物はポンプ光が集光照射されて熱レンズが形成され、その熱レンズが形成される

領域にプローブ光が照射される。

【0019】被測定物に入射するポンプ光の光軸と垂直な方向に被測定物を相対的に走査する被測定物走査手段を更に備える場合には、被測定物の2次元濃度分布が測定される。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。尚、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。図1は、本実施形態に係る暗視野型光熱変換分光分析装置の構成図である。

【0021】ポンプ用光源50は、ポンプ光Aを平行光束として出力するものであり、例えばArレーザ光源が用いられ、その出力は例えば100mW程度である。光チョッパ(ポンプ光変調手段)52は、このポンプ用光源50から出力されたポンプ光Aを入力して、例えば変調周期1kHzの透過/遮断の変調を行う。なお、ポンプ用光源50がパルス発振するものであれば、光チョッパ52は不要である。

【0022】光チョッパ52で変調されて出力されたポンプ光Aは、ダイクロイックミラー(合波手段)54を透過し、ピンホール板(光束径調整手段)56に到達する。このピンホール板56には開口部56aが設けられており、ピンホール板56に到達したポンプ光Aのうち、この開口部56aに照射された光束部分のみを通過させる。

【0023】開口部56aを通過したポンプ光Aは、レンズ58に到達する。このレンズ58は、その焦点位置に置かれた被測定物70にポンプ光Aを集光照射する。この被測定物70は、透明なセル容器中に入れられ、あるいは、透明なスライドガラス上に滴下されたものである。または、被測定物70が一定の形状を有するものであれば、そのまま置かれててもよい。

【0024】このように、被測定物70にポンプ光Aが集光照射されると、その集光照射された位置を中心として熱レンズが形成される。図2は、被測定物70に形成される熱レンズの説明図である。被測定物70は、ポンプ光Aが集光照射されると、その照射された位置の温度が上昇する。しかし、温度上昇する領域はポンプ光Aが集光照射された位置だけでなく、その熱が周囲に拡散するので、その周囲の領域も温度上昇する。その温度プロファイルは、ポンプ光Aが集光照射された位置に近いほど温度が高い。そして、被測定物70は、その温度分布に応じて屈折率分布が生じる。一般には、温度が高いほど屈折率が小さいので、ポンプ光Aが集光照射された位置に近いほど屈折率が小さくなる。すなわち、ポンプ光Aが集光照射された位置を中心として熱レンズ72が形成されることになる。

【0025】このようにして形成される熱レンズ72の焦点距離およびレンズ径は、ポンプ光Aの強度、ポンプ

光Aが照射される位置におけるポンプ光Aの光吸収係数と熱拡散係数、および、ポンプ光Aが照射された時刻からの経過時間に依存する。すなわち、ポンプ光Aの強度が大きいほど、ポンプ光Aが照射される位置におけるポンプ光Aの光吸収係数が大きいほど、また、熱拡散係数が小さいほど、温度勾配すなわち屈折率勾配が大きくなるので、焦点距離が短くなる。しかし、ポンプ光Aの照射時刻から時間が経過するとともに、熱が拡散して温度勾配が小さくなるので、焦点距離は次第に長くなり、また、レンズ径は大きくなる。

【0026】ポンプ光Aは、このように被測定物70に形成された熱レンズ72の中心近傍を透過することになるので、殆ど入射方向そのままの方向に出射する。すなわち、熱レンズ72からのポンプ光Aの出射方向は、熱レンズ72の焦点距離に殆ど依存することがなく、また、熱レンズ72の形成の有無に殆ど関係がない。ただし、ポンプ光Aは、熱レンズ72の中心に集光照射されるといえども有限の光束径を有するので、熱レンズ72によって僅かに拡がって出射される。

【0027】被測定物70を透過したポンプ光Aは、レンズ80で集光されて、遮蔽板(遮蔽手段)82の遮蔽領域82aに到達する。この遮蔽板82は、中央に例えば金属材料やセラミック材料などの光束を全く透過させない材料からなる遮蔽領域82aと、その周囲に例えばガラス材料などの光束を透過させる材料からなる透過領域82bとからなるものである。ポンプ光Aは、遮蔽板82の遮蔽領域82aで遮蔽され、これより更に先に進むことはなく、光検出器86に到達することはない。なお、僅かに熱レンズ72によって拡がって出射されたポンプ光Aの一部は、遮蔽板82の透過領域82bを透過するが、ポンプ光吸収フィルタ84により吸収されるので、やはり、光検出器86に到達することはない。

【0028】一方、プローブ用光源60は、プローブ光Bを平行光束として出力するものであり、例えばHe-Neレーザ光源が用いられ、その出力は例えば5mW程度である。このプローブ用光源60から出力されたプローブ光Bは、レンズ62を経て、ダイクロイックミラー54で反射され所定位置に集光される。このダイクロイックミラー54は、前述したようにポンプ光Aを透過させ、かつ、プローブ光Bを反射させ、そして、両者を同一光軸上に出力するものである。

【0029】このプローブ光Bは、ピンホール板56の開口部56aを通過し、レンズ58に到達する。このレンズ58とレンズ62とは、両者の焦点距離の和に等しい光路長を隔てられて配置されている。したがって、プローブ光Bは、レンズ58から平行光束として出力される。そして、平行光束とされたプローブ光Bは、図2に示すように、ポンプ光Aが集光照射されて被測定物70に形成される熱レンズ72の領域に入力される。なお、プローブ光Bは、熱レンズ72のレンズ径よりも大きな

光束径の平行光束に形成され、熱レンズ72が形成される領域の全体に照射されると、光軸を調整する上で好適である。

【0030】このようにプローブ光Bが被測定物70に照射されると、被測定物70にポンプ光Aが集光照射されて熱レンズ72が形成されている時と、そうでない時とでは、被測定物70から出力されるプローブ光Bの拡がり角は異なる。すなわち、被測定物70にポンプ光Aが集光照射されてから一定時間経過した以後すなわち熱レンズ72が形成されていない時には、被測定物70から出力されたプローブ光B1は、平行光束のままである。そして、レンズ80は、このプローブ光B1を入力して遮蔽板82に照射する。この遮蔽板82の遮蔽領域82aは、プローブ光B1の照射領域より広く形成されている。したがって、熱レンズ72が形成されていないときには、プローブ光B1は、光検出器86で検出されることはない。

【0031】しかし、被測定物70にポンプ光Aが集光照射されて熱レンズ72が形成されている時には、被測定物70から出力されたプローブ光B2は、熱レンズ72の焦点距離に応じた拡がり角で発散されて出力される。したがって、この場合、プローブ光B2は、遮蔽板82の遮蔽領域82aで一部が遮蔽されるものの、残部が透過領域82bを透過し、さらにポンプ光吸収フィルタ84をも透過し、光検出器86で検出される。

【0032】ここで、光検出器86で検出されるプローブ光B2の光量は、被測定物70に形成された熱レンズ72の焦点距離すなわち被測定物70の濃度に依存するものであるので、光検出器86が受光した光量に基づいて、被測定物70の濃度を測定することができる。

【0033】次に、本実施形態に係る暗視野型光熱変換分光分析装置の作用について説明する。図3は、本実施形態に係る暗視野型光熱変換分光分析装置におけるポンプ光およびプローブ光それぞれについての光量変化図である。

【0034】ポンプ用光源50から出力され光チョッパ52で変調を受けて出力されたポンプ光Aの強度の時間変化は、図3(a)に示すようにパルス状になる。このパルス状とされたポンプ光Aは、ダイクロイックミラー54を透過し、ピンホール板56の開口部を通過して所定の光束径とされ、レンズ58によって被測定物70に集光照射される。

【0035】そして、ポンプ光Aが被測定物40に照射されている間は、被測定物70で熱レンズ72が成長し、次第に或る熱平衡状態に近づく。この間、熱レンズ72に入射したポンプ光Aは、僅かではあるが、熱レンズ72の成長に従って次第に拡がって出射される。しかし、ポンプ光Aの照射が終わると、熱レンズ72は次第に解消していくので、熱レンズ72から出力されるプローブ光Aの拡がり角は次第に小さくなる。

【0036】したがって、遮蔽板82の透過領域82bに入射して透過するポンプ光Aの強度は、ポンプ光Aの照射開始時刻から時間の経過に伴って次第に増加し、ポンプ光Aの照射終了時刻から時間の経過に伴って次第に減少していく。図3(b)は、この遮蔽板82を透過したポンプ光Aの強度の時間変化を示したものである。しかし、遮蔽板82を透過するポンプ光Aは、前述したとおり熱レンズ72の中心近傍を通過したものであるので強度が弱い上に、ポンプ光吸収フィルタ84で吸収されるので、光検出器86に到達することはない。

【0037】一方、プローブ用光源60から出力されたプローブ光Bは、レンズ62で一度集光され、ダイクロイックミラー54で反射され、レンズ58で平行光束とされて、被測定物70の熱レンズ72が形成される領域に照射される。プローブ光Bも、ポンプ光Aと同様に、熱レンズ72の成長と解消に伴って、熱レンズ72から出力されるときの拡がり角が変化し、遮蔽板82の透過領域82bを透過するプローブ光Bの光量は変化する。

【0038】すなわち、遮蔽板82の透過領域82bに入射して透過するプローブ光Bの強度は、ポンプ光Aの照射開始時刻から時間の経過に伴って次第に増加し、ポンプ光Aの照射終了時刻から時間の経過に伴って次第に減少していく。図3(c)は、この遮蔽板82を透過したプローブ光Bの強度の時間変化を示したものである。この遮蔽板82を透過したプローブ光Bは、ポンプ光吸収フィルタ84を透過して、光検出器86で検出される。

【0039】したがって、光検出器86からの出力信号を例えばオシロスコープ(図示せず)で観察すれば、図3(c)に示すような波形が得られ、その波形の振幅から被測定物70の濃度を測定することができる。あるいは、光検出器86からの出力信号を平滑化回路(図示せず)によって平滑化し、その平滑化された信号のレベルから被測定物70の濃度を測定することができる。

【0040】このように、光検出器86によって検出される光量変化の周期は、パルス状のポンプ光Aが被測定物70に照射されて形成される熱レンズ72の成長と解消の周期、すなわち、光チョッパ52によるポンプ光Aの変調周期と同一である。また、光検出器86によって検出される光量の振幅は、被測定物70に照射されるポンプ光Aの強度、熱レンズ72が形成される領域に照射されるプローブ光Bの強度、および、ポンプ光Aが照射される被測定物70の位置における光吸収係数と熱拡散係数とに依存する。ここで、ポンプ用光源50およびプローブ用光源60それぞれの出力強度を一定とすれば、光検出器86で検出される光量は、ポンプ光Aが照射される被測定物70の位置における光吸収係数と熱拡散係数、すなわち、被測定物70の濃度に依存する。

【0041】また、ポンプ光Aの光軸に対して垂直な方向に被測定物70を相対的に2次元走査する被測定物走

査手段(図示せず)を設けることにより、被測定物70の2次元濃度分布を得ることができる。

【0042】なお、被測定物70の位置分解能は、ポンプ光Aが被測定物70に集光照射されて形成される熱レンズ72の径の程度である。したがって、被測定物70がポンプ光Aの光軸方向に関して薄いほど、また、レンズ58の収差が小さく被測定物70に照射されるポンプ光Aが回折限界まで絞られるほど、ポンプ光Aが照射される領域の面積が小さいので、位置分解能に優れた測定が可能となる。さらに、被測定物70に集光照射されるポンプ光Aのパルス幅が短く、また、強度が大きいほど、熱拡散による熱レンズ径の拡大が小さいので、この場合も測定の位置分解能が優れる。

【0043】本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく種々の変形が可能である。例えば、光チョッパ52は必ずしも必要ではない。上述の実施形態においては、光チョッパ52を用いてポンプ光Aをパルス状に被測定物70に照射したので、被測定物70は熱平衡状態に達することができなく、したがって、径の小さい熱レンズ72を形成することができ、位置分解能の高い測定が可能である。しかし、光チョッパ52を用いることなくポンプ光Aを連続光として被測定物70に照射して、被測定物70が熱平衡に達した状態であっても、ポンプ光A照射位置近傍には熱レンズが形成される。そして、その熱レンズの焦点距離とレンズ径は、熱レンズが形成された領域における被測定物70の濃度に応じたものである。したがって、同様に、プローブ光Bをこの熱レンズに入射させ、熱レンズで発散されたプローブ光Bの光量を検出することにより、被測定物70の濃度を測定することができる。

【0044】また、ポンプ光吸収フィルタ84も必ずしも必要ではない。なぜなら、被測定物70に形成された熱レンズ72によってポンプ光Aも発散されるが、その発散の程度、すなわち、熱レンズ72に入射したポンプ光Aのうち発散された光束の光量も、被測定物70の濃度に応じたものであるからである。

【0045】また、レンズ62および58を設ける替わりに、ポンプ用光源50とダイクロイックミラー54との間にレンズを設けて、このレンズによってポンプ光Aを被測定物70に集光照射してもよい。この場合も同様に、ポンプ光Aは被測定物70上に集光照射され、プローブ光Bは平行光束として被測定物70に形成された熱レンズ72に入射し、以降は同様の作用が得られる。

【0046】また、被測定物70に入射するポンプ光Aとプローブ光Bとは必ずしも同一光軸でなくてもよい。要は、ポンプ光Aが集光照射されて被測定物70に形成された熱レンズ72にプローブ光Bを入射させ、熱レンズ72によって発散されたプローブ光Bの光量を測定することである。

【0047】また、遮蔽板の形状や配置は、図1に示す

ものに限られるものではなく、例えば、光軸に対して傾斜して配置してもよく、この傾斜配置した遮蔽板の遮蔽領域に入射した光をビームダンパに導いてもよい。

【0048】また、被測定物が、温度が高いほど屈折率が大きくなる場合には、ポンプ光照射によって形成される熱レンズは凸レンズとなるが、この場合であっても、本発明は適用可能である。すなわち、例えば、熱レンズで一度集光された後にその集光点から発散するプローブ光を、上述の本実施形態と同様の光学系で検出すればよい。

【0049】

【発明の効果】以上、詳細に説明したとおり本発明によれば、ポンプ用光源から出力されたポンプ光が被測定物の所定位置に集光照射され、その所定位置近傍に温度分布が生じ、この温度分布に応じて屈折率分布が生じて熱レンズが形成される。プローブ用光源から出力されたプローブ光も、熱レンズが形成される所定位置に照射される。このプローブ光は、熱レンズの焦点距離とレンズ径に応じた拡がり角で発散され出力される。そして、熱レンズで発散されたプローブ光のうち、光軸付近の光束は遮蔽手段で遮蔽されるが、光軸から一定距離以上離れた光束は遮蔽手段で遮蔽されることなく光検出器で検出される。この光検出器で検出された光束の光量は、被測定物に形成された熱レンズに応じたものであり、また、この熱レンズの光学特性は被測定物の濃度に応じたものであるので、光検出器からの出力信号に基づいて、被測定物の濃度が検出される。

【0050】このような構成として、光検出器は、ポンプ光およびプローブ光の光軸近傍の光束を検出することなく、プローブ光が熱レンズで発散された光束のみを検出するので、ロックインアンプを用いることなく、簡便な装置構成で感度とS/N比の高い測定が可能となる。

【0051】また、ポンプ光がパルス状に被測定物に集光照射されると、レンズ径の小さい熱レンズが形成されるので、位置分解能の高い測定が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る暗視野型光熱変換分光分析装置の構成図である。

【図2】本発明に係る暗視野型光熱変換分光分析装置において被測定物に形成される凹レンズの説明図である。

【図3】本発明に係る暗視野型光熱変換分光分析装置におけるポンプ光およびプローブ光それぞれについての光量変化図である。

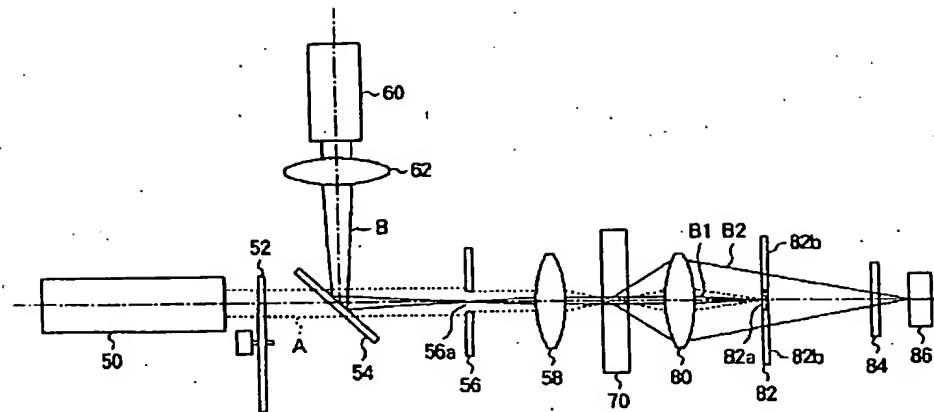
【図4】従来の光熱変換分光分析装置の構成図である。

【符号の説明】

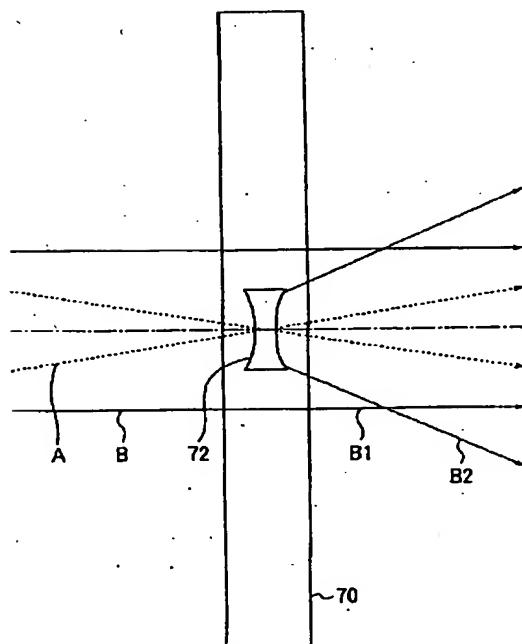
50…ポンプ用光源、52…光チョッパ、54…ダイクロイックミラー、56…ピンホール板、56a…開口部、58…レンズ、60…プローブ光源、62…レンズ、70…被測定物、72…熱レンズ、80…レンズ、82…遮蔽板、82a…遮蔽領域、82b…透過領域、

84…ポンプ光吸収フィルタ、86…光検出器、A…ポンプ光、B, B1, B2…プローブ光。

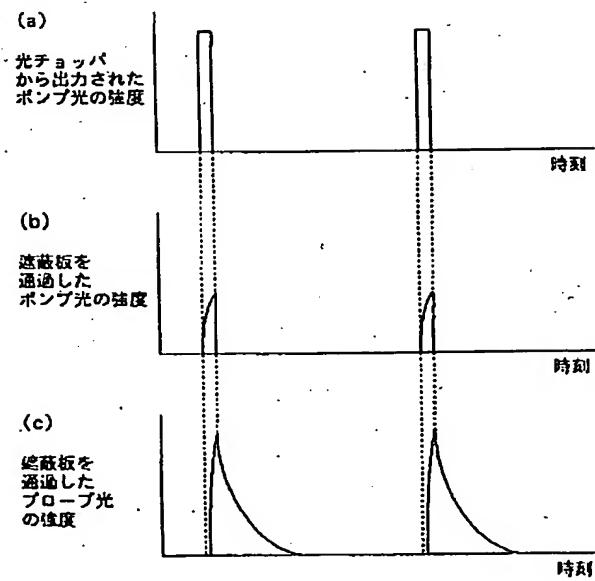
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

